饲料糖脂比对拟穴青蟹仔蟹生长性能、体组成和消化酶活性的影响[1]

董兰芳　张　琴*　许明珠　苏　琼　聂振平　谢　达　杨家林　童　潼

(广西壮族自治区海洋研究所，广西海洋生物技术重点实验室，北海 536000)

摘　要：本试验旨在研究饲料糖脂比对拟穴青蟹仔蟹生长性能、体组成和消化酶活性的影响。以初始体重为(41.4±0.3) mg 的拟穴青蟹仔蟹为试验对象，分别投喂糖脂比为 0.54、0.88、1.39、2.08 和 3.50 的等氮（约 44%）等能（约 19.5 MJ/kg）饲料 3 周。结果表明：1）饲料糖脂比对拟穴青蟹仔蟹的终末平均体重(FABW)、成活率（SR）、增重率（WGR）以及特定生长率（SGR）均有显著影响(P<0.05)。随着饲料糖脂比的增大，拟穴青蟹仔蟹的 FABW、SR、WGR 以及 SGR 均呈先升高后降低的趋势，且均是糖脂比 1.39 试验组最高，显著高于糖脂比 0.54 和 3.50 试验组(P<0.05)。2）饲料糖脂比对拟穴青蟹仔蟹的水分、粗蛋白质和粗灰分含量没有显著影响(P>0.05)，而对粗脂肪含量的影响显著(P<0.05)，糖脂比 0.54 试验组的脂肪含量最高，显著高于除糖脂比 2.08 和 3.50 试验组(P<0.05)。3）饲料糖脂比对拟穴青蟹仔蟹的淀粉酶活性没有显著影响(P>0.05)，但显著影响蛋白酶和脂肪酶活性(P<0.05)。随着饲料糖脂比的增大，蛋白酶活性呈先增大后减小的趋势，脂肪酶活性呈降低的趋势，糖脂比 1.39 试验组的蛋白酶活性显著高于其他试验组(P<0.05)，糖脂比 0.54 和 0.88 试验组的脂肪酶活性显著高于糖脂比 2.08 和 3.50 试验组(P<0.05)。由此可见，以增长率为评价指标，经回归分析得出拟穴青蟹仔蟹饲料的适宜糖脂比为 2.07。

关键词：拟穴青蟹仔蟹；糖脂比；生长；体组成；消化酶活性

中图分类号：S963.16　　文献标识码：　　文章编号：

拟穴青蟹(*Scylla paramamosain*)属梭子蟹科(Portunidae)，暖水广盐性海水肉食蟹类，是分布在我国东南沿海青蟹属(*Scylla*)的优势种[1]。拟穴青蟹有个体大、生长周期短、适应性强、营养价值高等特点[2]，是全世界 6 000 种蟹类中为数不多的养殖蟹种[3]，具有重要的经济价值。随着拟穴青蟹人工育苗技术的突破、养殖技术的改进和多种养蟹形式的开发，拟穴青蟹

收稿日期：2016-09-06

基金项目：广西科学研究与技术开发计划(桂科合 14125008-2-20，2015DD25040，2015ED27014)；广西自然科学基金项目(2013GXNSFAA019105)；广西科学院基本科研业务费(15YJ22HYS15)

作者简介：董兰芳(1987—)，女，浙江金华人，助理研究员，硕士，研究方向为水产动物营养与饲料研究。E-mail: 0xiao0dong0@163.com

*通信作者：张　琴，副研究员，硕士生导师，E-mail: zhangqin821220@163.com

养殖规模逐年扩大，产量不断提高[4]，成为我国养殖产量最高的海水蟹类。

拟穴青蟹养殖业的蓬勃发展促进了其营养生理研究及配合饲料研发工作。配合饲料中，蛋白质是决定水产动物生长、发育最关键的营养物质，但同时也是饲料成本最高的部分。在饲料中添加适宜水平的脂肪、糖类等非蛋白质营养素，不仅能够节约饲料蛋白质、降低水体污染，还能提高饲料利用效率[5-7]。脂肪是蟹类的能量物质，同时提供蟹类生长发育所需的必需脂肪酸。饲料中脂肪含量缺乏或不足，饲料蛋白质将作为能源物质被分解，同时可能并发必需脂肪酸缺乏症[8]；脂肪含量过高则会降低养殖动物的摄食量，使蛋白质及其他营养素摄入减少，从而影响动物的正常生长[9]。糖类作为饲料中价格最低廉的原料，饲料中添加适宜水平的糖类，有助于缓解饲料价格的压力，同时有节约蛋白质的作用，然而水产动物对糖类的利用能力较低，摄入过多的糖类，会导致生长率下降、死亡率增加[10]。研究表明，脂肪代谢与肝脏的含糖量有关，而肝脏的含糖量又与饲料糖水平有关。饲料中糖类充足，有足够的肝糖可供利用，脂肪分解减少，酮体产生也相应减少；肝糖不足时，脂肪分解增加，产生的酮体相应增多，超过一定限度就会导致酮体症，进而影响水产动物的正常生长[10]。饲料中适宜的脂肪和糖水平能产生一定的协同作用[11]，因此，确定饲料中适宜的糖脂比对水产动物配合饲料的研发有重要意义。本研究在前人已有研究的基础上，通过研究饲料糖脂比对拟穴青蟹仔蟹生长性能、体组成和消化酶活性的影响，确定拟穴青蟹仔蟹饲料适宜的糖脂比，为拟穴青蟹高效环保配合饲料的研发提供理论数据参考。

1　材料与方法

1.1　试验饲料配方与制作

分别测定各饲料原料中糖、脂肪、蛋白质、水分、总能等指标，作为饲料配方依据。以鱼粉、酪蛋白为蛋白质源，鱼油为脂肪源，糊化玉米淀粉为糖源，配制不同糖脂比的等氮（约44%）等能（约 19.5 MJ/kg）饲料，试验饲料组成及营养水平见表 1，饲料糖脂比实测值分别为 0.54、0.88、1.39、2.08 和 3.50。饲料制作过程为：各固体饲料原料用粉碎机粉碎过 100 目筛后，按照饲料组成表设定的添加量，从低到高依次称量并混合拌匀，再按比例加入鱼油，手工将油脂搓开并混合均匀，加入适量水揉成面团后制成直径 2 mm 的颗粒饲料[12]，装袋密封保存于-20 ℃冰箱备用。

表 1　试验饲料组成及营养水平（干物质基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of experimental diets (dry matter basis)　%

项目 Items	饲料糖脂比 Dietary carbohydrate to lipid ratio				
	0.54	0.88	1.39	2.08	3.50
原料 Ingredients					
鱼粉 Fish meal	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00
酪蛋白 Casein	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
糊化玉米淀粉 Gelatinized corn starch	9.00	12.50	16.00	19.50	23.00
褐藻酸钠 Sodium alginate	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
鱼油 Fish oil	13.00	10.50	8.00	5.50	3.00
沸石粉 Zeolite	16.00	15.00	14.00	13.00	12.00
维生素预混料 Vitamin premix[1)]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
矿物质预混料 Mineral premix[2)]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[3)]					
干物质 Dry matter	93.80	93.92	93.60	93.21	93.14
粗蛋白质 Crude protein	44.24	44.19	44.58	44.29	43.72
粗脂肪 Ether extract	17.19	14.63	12.13	9.68	7.18
糖 Carbohydrate	9.23	12.92	16.85	20.13	25.13
粗灰分 Ash	19.14	17.18	16.53	15.62	13.60
糖脂比 Carbohydrate to lipid ratio	0.54	0.88	1.39	2.08	3.50
总能 Gross energy/（MJ/kg）	19.47	19.54	19.41	19.60	19.58

1)维生素预混料为每千克饲料提供 Vitamin premix provided the following per kg of diets：VD 2 400 IU，VE 100 mg，VC 70 mg，VB_1 0.5 mg，VB_2 7 mg，VB_6 6 mg，VB_{12} 1 mg，VK 1 mg，肌醇 inositol 440 mg，*D*-泛酸钙 *D*-calcium pantothenate 32.6 mg，烟酸 niacin acid 28 mg，生物素 biotin 1 mg，叶酸 folic acid 7.5 mg。

2)矿物质预混料为每千克饲料提供 Mineral premix provided the following per kg of diets：$FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 760 mg，$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 12 mg，$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 156 mg，$MnSO_4 \cdot H_2O$ 41 mg，NaCl 800 mg，$NaSeO_3 \cdot 5H_2O$ 0.9 mg，KI 0.8 mg。

3) 实测值 Measured values。

1.2 试验设计与饲养管理

养殖试验于 2015 年 8 月在广西海洋研究所海水增养殖试验基地进行。试验用拟穴青蟹取自广西海洋研究所自主研发培育的同一批人工孵化的仔蟹 I 期苗种。正式试验前，用商用虾料（北海恒兴特种饲料有限公司）投喂仔蟹驯养 7 d。结束后，挑选体格健壮、大小规格相近、初始体重为（41.4±0.3） mg 的拟穴青蟹仔蟹 1 500 只，随机分成 5 个饲料糖脂比试验组。试验期 3 周。饲养试验在直径 20 cm、高 25 cm 的塑料水桶内进行，水桶底部铺一层约 0.5 cm 厚的薄沙，并将水桶放置在阴凉处避免阳光直射。因青蟹性凶好斗，为避免相互

残食，每个水桶饲养青蟹 1 只，每个饲料组设 300 个重复，每 100 个重复作为 1 个样品组用于统计和指标测定。每天投喂 2 次，时间分别为 07：00 和 18：00，以略有剩饵为准，投喂前先吸出剩饵。隔天换水，每次换水量约 1/2，每周彻底清理水桶 1 次。试验期间，水温 26~31 ℃，盐度 20‰~25‰，溶氧＞5.0 mg/L。

1.3　样品收集与分析

3 周的养殖试验结束后，收集水桶内的拟穴青蟹，记录存活数并进行称重，将每个样品组的仔蟹分装成 2 管，一管 15 只，剩余的仔蟹作为另一管，保存于–20 ℃冰箱，分别用于消化酶活性和体组成的测定。生长性能的相关计算公式如下：

成活率(survival rate，SR，%)=$100\times N_t/N_o$；

增重率(weight growth rate，WGR，%)=$100\times(W_t-W_0)/W_0$；

特定生长率(specific growth rate，SGR，%/d)=$100\times(\ln W_t-\ln W_0)/t$。

式中：W_0 和 W_t 分别为仔蟹的初始平均体重（initial average body weight，IABW）和终末平均体重（final average body weight，FABW）；N_o 和 N_t 分别为仔蟹初始和终末的数量；t 为试验天数。

消化酶活性测定：酶液用仔蟹整体匀浆法获得，取冷冻的拟穴青蟹仔蟹 15 只，在冰盘上用手术剪剪碎后转移至玻璃匀浆器，按质量体积比 1:2 的比例加入磷酸缓冲液(pH=7)进行匀浆，匀浆液于 4 ℃、3 000 r/min 离心 10 min，取上清液作为待测酶液。蛋白酶活性采用 Folin-酚法测定；脂肪酶、淀粉酶和蛋白酶活性均采用南京建成生物工程研究所研制的试剂盒测定。

饲料和仔蟹体组成成分测定：水分含量采用恒温干燥法，105 ℃烘干至恒重；粗蛋白质含量采用凯氏定氮法(Kjeltec-8400，瑞典)；粗脂肪含量采用索氏抽提法(Soxtec-2050，瑞士)；粗灰分含量采用马弗炉 550 ℃灰化 12 h 测定；可消化糖含量采用 3,5-二硝基水杨酸法[13]；能值测定使用 PARR-6400 氧氮仪热量计。

1.4　统计分析

数据结果均用“平均值±标准误”表示，采用 SPSS 19.0 软件对数据进行分析，先检验所有数据的方差齐次性，再进行单因素方差分析，显著性水平为 0.05，若差异达到显著则进行 Tukey’s 多重比较。

2　结　果

2.1　饲料糖脂比对拟穴青蟹仔蟹生长性能的影响

由表 2 可见，饲料糖脂比对拟穴青蟹仔蟹的 FABW、SR、WGR 以及 SGR 均有显著影响(P<0.05)，且都随着饲料糖脂比的增大呈先升高后降低的趋势。糖脂比 1.39 和 2.08 试验组的 FABW、WGR 和 SGR 均显著高于糖脂比 0.54 和 3.50 试验组(P<0.05)；各试验组的 SR 在 83.96%～92.59%内，糖脂比 1.39 试验组 SR 最高，显著高于糖脂比 0.54 和 3.50 试验组(P<0.05)。通过对 WGR(y)和饲料糖脂比(x)进行回归分析，得到二次曲线回归方程(图 1)：y=–45.565x^2+160.03x+62.752（R^2=0.996），由此可知，当 WGR 达到最大值时对应的饲料糖脂比为 2.07。

表2　饲料糖脂比对拟穴青蟹仔蟹生长性能的影响

Table 2　Effects of dietary carbohydrate to lipid ratio on growth performance of juvenile crab *Scylla Paramamosain*

饲料糖脂比 Dietary carbohydrate to lipid ratio	初始体重 IABW/mg	终末体重 FABW/mg	成活率 SR/%	增重率 WGR/%	特定生长率 SGR/(%/d)
0.54	41.97±0.35	90.99±2.16[a]	82.96±1.48[a]	116.91±6.68[a]	3.87±0.15[a]
0.88	41.70±0.69	106.58±3.45[ab]	90.37±0.74[ab]	156.01±12.53[ab]	4.69±0.25[bc]
1.39	41.37±0.80	122.47±3.66[b]	92.59±1.96[b]	196.15±8.57[b]	5.42±0.15[c]
2.08	40.48±0.45	119.54±5.38[b]	91.11±1.28[ab]	195.20±10.15[b]	5.41±0.17[c]
3.50	41.30±0.92	96.20±2.10[a]	86.67±2.67[a]	133.09±6.18[a]	4.23±0.14[ab]
*P*值 *P*-value	0.607	0.000	0.006	0.000	0.000

同列数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05），相同或无字母表示差异不显著（P>0.05）。下表同。

In the same column, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

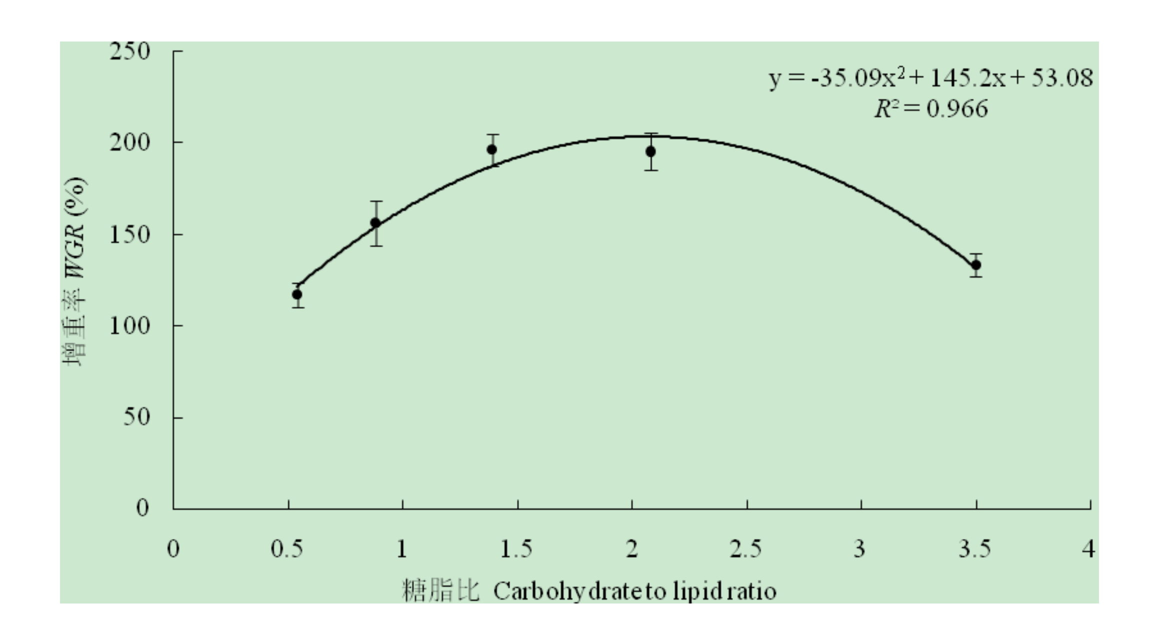


图 1　饲料糖脂比与拟穴青蟹仔蟹增重率的回归分析

Fig.1　Regression analysis between dietary carbohydrate to lipid ratio and WGR of juvenile crab *Scylla Paramamosain*

2.2　饲料糖脂比对拟穴青蟹仔蟹体组成的影响

由表 3 可见，饲料糖脂比对拟穴青蟹仔蟹的水分、粗蛋白质和粗灰分含量没有显著影响(*P*>0.05)，对粗脂肪含量有显著影响(*P*<0.05)。糖脂比 0.54 试验组的粗脂肪含量最高，显著高于除糖脂比 2.08 和 3.50 试验组(*P*<0.05)。

表3　饲料糖脂比对拟穴青蟹仔蟹体组成的影响

Table 3　Effects of dietary carbohydrate to lipid ratio on body composition of juvenile crab *Scylla Paramamosain*　　%

饲料糖脂比 Dietary carbohydrate to lipid ratio	水分 Moisture	粗蛋白质 Crude protein	粗脂肪 Ether extract	粗灰分 Ash
0.54	79.29±0.85	31.11±0.28	13.23±0.49[b]	42.63±0.52
0.88	78.71±0.55	31.87±0.46	12.43±0.16[ab]	42.30±0.47
1.39	79.13±0.76	30.93±0.22	12.31±0.46[ab]	43.40±1.21
2.08	79.37±0.37	30.47±0.31	10.70±0.27[a]	43.37±1.27
3.50	78.91±0.93	31.19±0.23	10.92±0.48[a]	42.67±0.74
*P*值 *P*-value	0.963	0.090	0.005	0.877

2.3　不饲料糖脂比对拟穴青蟹仔蟹消化酶活性的影响

由表 4 可见，饲料糖脂比对拟穴青蟹仔蟹的淀粉酶活性没有显著影响(P>0.05)，对蛋白酶和脂肪酶活性有显著影响(P<0.05)。随着饲料糖脂比的增大，蛋白酶活性呈先增大后减小的趋势，糖脂比 1.39 试验组的蛋白酶活性最高，显著于其他试验组(P<0.05)；脂肪酶活性则随着糖脂比的增大而呈降低的趋势，糖脂比 0.54 和 0.88 试验组的脂肪酶活性显著高于糖脂比 2.08 和 3.50 试验组(P<0.05)。

表4　饲料糖脂比对拟穴青蟹仔蟹消化酶活性的影响

Table 4　Effects of dietary carbohydrate to lipid ratio on digestive enzyme activity of juvenile crab *Scylla Paramamosain*

饲料糖脂比 Dietary carbohydrate to lipid ratio	蛋白酶 Protease /(U/mg prot)	淀粉酶 Amylase /(U/mg prot)	脂肪酶 Lipase /×10^{-2}(U/mg prot)
0.54	2.10±0.24^{a}	0.53±0.01	7.53±0.30^{c}
0.88	3.48±0.47^{b}	0.56±0.02	6.21±0.58^{bc}
1.39	4.92±0.29^{c}	0.51±0.01	4.70±0.19^{ab}
2.08	2.48±0.09^{ab}	0.50±0.01	4.25±0.54^{a}
3.50	3.29±0.13^{ab}	0.46±0.02	3.72±0.31^{a}
*P*值 *P*-value	0.000	0.076	0.000

3　讨　论

3.1　饲料糖脂比对拟穴青蟹仔蟹生长性能的影响

脂类是虾蟹等甲壳动物生长过程中必需的营养素之一。脂类是组织细胞的组成成分，为维持生物膜完整性及其复杂功能提供物质和能量基础[14]，同时它还承担着脂溶性维生素的吸收、运输和存储功能[15]。虾蟹对糖类的需求和利用能力相对较低，但糖类是最廉价的能源，它在节约饲料蛋白质、降低饲料成本方面有重要的现实意义。

本研究中，饲料糖脂比对拟穴青蟹仔蟹的 SR 有显著影响，随着饲粮糖脂比的增大呈先升高后降低的趋势，这一结果与 Johnston 等[16]对新西兰岩龙虾（*Jasus edwardsii*）饲料适宜糖脂比的研究结果一致。然而饲料糖脂比对克氏螯虾(*Cherax quadricarinatus*)[17]、暗纹东方鲀(*Takifugu obscurus*)[18]、方格星虫(*Sipunculus nudus*)[19]等水产动物的 SR 没有显著影响，这说明了不同水产动物对饲料糖脂比变化的敏感程度和适应力不同。拟穴青蟹仔蟹的 WGR 和

SGR 随饲料糖脂比的增大呈先增大后减小的趋势，糖脂比 1.39 和 2.08 试验组的 WGR 和 SGR 较其他各组高，饲料糖脂比高于 2.08 或者低于 1.39，仔蟹均表现出较低的生长率。Catacutan[20]的研究结果表明，饲料脂肪含量在 6%～12%时能满足（9.15±0.46） g 青蟹仔蟹的生长需求；艾春香[21]研究得出，饲料脂肪含量在 6%～10%时能满足Ⅴ期青蟹溞状幼体到成蟹生长和蜕皮的脂质需求。因此，低糖脂比饲料的脂肪含量高、糖含量低，饲料脂肪水平超过了仔蟹生长对脂质的最大需求，而食物热量过剩会降低水产动物的摄食量，致使蛋白质及其他必需营养素摄入不足，从而表现为生长率下降[22]。饲料脂肪水平过高还会引起肝脏脂肪沉积、体内脂肪含量过高、抗病能力下降、代谢紊乱等[23]。相反，高糖脂比饲料的脂肪含量低、糖含量高。一般来说，水产动物对糖的利用能力较低，且饲料中淀粉含量越高饲料糖的消化率越低[10]，因此饲料利用率降低可能是导致高糖脂比试验组仔蟹生长率降低的原因。王菲等[24]研究了饲料糖脂比（2.3~12.1）对建鲤(*Cyprinus carpio* var. *jian*)生长性能的影响，结果表明当饲料糖脂比从 2.3 升高到 7.7 时，WGR 显著升高，而当糖脂比进一步升高时，WGR 呈下降趋势，二次回归方程得出其适宜糖脂比为 8.14。张琴等[19]研究了饲料糖脂比对方格星虫稚虫的影响，表明稚虫 WGR 随饲料糖脂比的增大先升高后降低，经回归分析得到方格星虫稚虫的 WGR 在糖脂比为 2.42 时达到最大。Li 等[25]对团头鲂(*Megalobrama amblycephala*)的适宜饲料糖脂比进行了研究，结果表明其 WGR 随饲料糖脂比的升高先升高后降低，适宜糖脂比为 3.58，对应的糖和脂肪含量分别为 29.17%和 8.14%。以上水产动物摄食不同糖脂比饲料的 WGR 变化规律与本研究结果一致，本研究中拟穴青蟹仔蟹饲料糖脂比的拟合结果表明其适宜糖脂比为 2.07。

3.2　饲料糖脂比对拟穴青蟹仔蟹体组成的影响

饲料糖脂比对拟穴青蟹仔蟹的水分、粗蛋白质和粗灰分含量没有产生显著影响，但是对其粗脂肪含量有显著影响。随着饲料糖脂比的增大，仔蟹粗脂肪含量呈降低趋势，即仔蟹粗脂肪含量与饲料脂肪水平呈正相关。这说明饲料脂肪含量越高，沉积在仔蟹体内的脂肪越多。在革胡子鲶(*Clarias gariepinus*)[26]、印度囊鳃鲶(*Heteropneustes fossilis*)[27]、方格星虫[19]、长吻鮠(*Leiocassis longirostris*)[28]、建鲤[24]、克氏螯虾[17]等不同种类水产动物的研究中也得到了类似结果。另外，研究表明用不同糖水平的等氮等脂饲料饲喂凡纳滨对虾、方格星虫等水产动物，其体脂含量显著上升后趋于稳定[29-30]，说明在脂肪含量一定的条件下，提高饲料糖水平机体脂肪含量会有一定程度增加，但继续增加饲料糖水平，糖的消化率降低，体脂含量不再增加。本研究中随着饲料糖脂比的增大，饲料脂肪含量降低、糖含量增加，由于水产动物

对糖的利用能力较差，仔蟹生长所需要的能量可能不足，造成部分体脂分解用以提供所需能量，这可能进一步降低了高糖脂比试验组仔蟹的脂肪含量。

3.3 不饲料糖脂比对拟穴青蟹仔蟹消化酶活性的影响

消化酶的作用是将摄入的食物分解为动物体能够吸收的小分子物质，因此消化酶活性的高低一定程度上反映了对食物的消化利用能力。从本研究结果看，饲料糖脂比对仔蟹的淀粉酶活性没有显著影响，对蛋白酶和脂肪酶活性的影响显著。随着饲料糖脂比的增大仔蟹蛋白酶活性先升高后降低，说明饲料蛋白质含量相同的前提下添加的糖或脂肪水平超过一定范围会降低拟穴青蟹仔蟹的蛋白酶活性。糖脂比 1.39 试验组的蛋白酶活性最高，对应的生长效果也最好，这可能是因为饲料糖脂比水平适宜时，仔蟹处于最佳的生长状态，其蛋白酶活性保持在较高的水平。另有研究表明，饲料适宜的脂肪水平有助于提高水产动物的蛋白酶活性，而当脂肪含量超过一定水平，会显著降低蛋白酶活性[31-33]。Zhu 等[17]对克氏螯虾适宜糖脂比的研究中也有类似结果，饲料糖脂比在 2.18~3.60 内，克氏螯虾的胃蛋白活性最高，当糖脂低于 2.18 或高于 3.60，其蛋白酶活性显著降低。拟穴青蟹仔蟹的脂肪酶活性随着饲料糖脂比的增大而降低，即仔蟹脂肪酶活性与饲料脂肪添加水平呈正相关。研究已表明饲料脂肪水平显著影响水产动物的脂肪酶活性，动物能够通过提高脂肪酶的活性来适应饲料中不断升高的脂肪水平，从而提高脂肪的消化率[33-34]。同时，这也验证了在一定范围内，饲料脂肪水平越高，其脂肪酶活性越大，沉积在体内的脂肪含量也就越多。在建鲤[24]和方格星虫[19]的研究中也得到了类似的结果。

4 结 论

①饲料糖脂比对拟穴青蟹仔蟹的 SR、FABW、WGR 以及 SGR 都有显著影响，还对仔蟹的粗脂肪含量、蛋白酶和脂肪酶活性有显著影响。

②在本试验条件下，饲料适宜的糖脂比可提高拟穴青蟹仔蟹的成活率和生长性能。以增重率为评价指标，经回归分析得出拟穴青蟹仔蟹的适宜糖脂比为 2.07。

参考文献：

[1] 林琪,李少菁,黎中宝,等.中国东南沿海青蟹属(*Scylla*)的种类组成[J].水产学报,2007,31(2):211–219.

[2] 彭银辉,蔡德健,阎冰,等.虾池养殖拟穴青蟹技术[J].中国水产,2009(6):41–42.

[3] 艾春香,林琼武,李少菁,等.蟹类的营养需求研究及其配合饲料研制[J].厦门大学学报:自然科学版,2006,45(增刊 2):205–212.

[4] 艾春香,刘建国,林琼武,等.青蟹的营养需求研究及其配合饲料研制[J].水产学报,2007,31(Suppl.1):122–128.

[5] 汪留全,胡王,李海洋,等.饲料中脂肪水平对幼蟹生长和饲料利用率的影响[J].上海水产大学学报,2003,12(1):19–23.

[6] ENES P,PANSERAT S,KAUSHIK S,et al.Growth performance and metabolic utilization of diets with native and waxy maize starch by gilthead sea bream (*Sparus aurata*) juveniles[J].Aquaculture,2008,274(1):101–108.

[7] 董兰芳,张琴,许明珠,等.不同糖源对卵形鲳鲹(*Trachinotus ovatus*)日增重、饲料利用和消化酶活性的影响[J].渔业科学进展,2016,37(3):42–48.

[8] 王爱民,韩光明,封功能,等.饲料脂肪水平对吉富罗非鱼生产性能、营养物质消化及血液生化指标的影响[J].水生生物学报,2011,35(1):80–87.

[9] 麦康森.水产动物营养与饲料学[M].2 版.北京:中国农业出版社,2011:41–53.

[10] 李爱杰.水产动物营养与饲料学[M].北京:中国农业出版社,1996:26–36.

[11] GAO W,LIU Y J,TIAN L X,et al.Effect of dietary carbohydrate-to-lipid ratios on growth performance,body composition,nutrient utilization and hepatic enzymes activities of herbivorous grass carp (*Ctenopharyngodon idella*)[J].Aquaculture Nutrition,2010,16(3):327–333.

[12] BLAIR T,CASTELL J,NEIL S,et al.Evaluation of microdiets versus live feeds on growth,survival and fatty acid composition of larval haddock (*Melanogrammus aeglefinus*)[J].Aquaculture,2003,225(1/2/3/4):451–461.

[13] 马晶晶,王际英,张利民,等.采用3,5-二硝基水杨酸比色法测定饲料总淀粉含量[J].中国饲料,2010(14):38–40.

[14] 韩涛,王骥腾,胡水鑫,等.饲料脂肪水平对三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)幼蟹生长及体组成的影响[J].海洋与湖沼,2013,44(5):1276–1281.

[15] WATANABE T.Lipid nutrition in fish[J].Comparative Biochemistry and Physiology Part B:Comparative Biochemistry,1982,73(1):3–15.

[16] JOHNSTON D J,CALVERT K A,CREAR B J,et al.Dietary carbohydrate/lipid ratios and nutritional condition in juvenile southern rock lobster,*Jasus edwardsii*[J].Aquaculture,2003,220(1/2/3/4):667–682.

[17] ZHU H X,JIANG Q C,WANG Q,et al.Effect of dietary carbohydrate-to-lipid ratios on growth performance,body composition,hepatic enzyme activities,and digestive enzyme activities of juvenile Australian redclaw crayfish,*Cherax quadricarinatus* (von Martens)[J].Journal of the World Aquaculture Society,2013,44(2):173–186.

[18] 刘襄河,叶超霞,沈碧端,等.饲料中糖/脂肪比对暗纹东方鲀幼鱼生长、血液指标、肝代谢

酶活性及 PEPCK 基因表达的影响[J].水产学报,2014,38(8):1149–1158.

[19] 张琴,许明珠,童潼,等.饲料糖脂比对方格星虫稚虫生长、体成分和消化酶活性的影响[J].动物营养学报,2014,26(1):153–160.

[20] CATACUTAN M R.Growth and body composition of juvenile mud crab,*Scylla serrata*,fed different dietary protein and lipid levels and protein to energy ratios[J].Aquaculture,2002,208(1/2):113–123.

[21] 艾春香.锯缘青蟹养殖生物学特性及饲料与投喂[J].渔业现代化,2004(4):19–20.

[22] ALI M Z,ZAHER M,ALAM M J,et al.Effect of dietary carbohydrate to lipid ratios on growth,feed conversion,protein utilisation and body composition in climbing perch,*Anabas testudineus*[J].International Journal of Fisheries and Aquaculture,2012,4(1):1–6.

[23] LUO Z,LIU Y J,MAI K S,et al.Effect of dietary lipid level on growth performance,feed utilization and body composition of grouper *Epinephelus coioides* juveniles fed isonitrogenous diets in floating netcages[J].Aquaculture International,2005,13(3):257–269.

[24] 王菲,李向飞,李贵锋,等.不同糖脂比对建鲤幼鱼生长、体组成、消化及糖酵解能力的影响[J].水产学报,2015,39(9):1386–1394.

[25] LI X F,WANG Y,LIU W B,et al.Effects of dietary carbohydrate/lipid ratios on growth performance,body composition and glucose metabolism of fingerling blunt snout bream *Megalobrama amblycephala*[J].Aquaculture Nutrition,2013,19(5):701–708.

[26] ALI M Z,JAUNCEY K.Optimal dietary carbohydrate to lipid ratio in African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822)[J].Aquaculture International,2004,12(2):169–180.

[27] ALI M Z,HOQ M E,KHAN M M,et al.Optimum dietary carbohydrate to lipid ratio in stinging catfish,*Heteropneustes fossilis* (Bloch,1792)[J].Bangladesh Journal of Fisheries Research,2010,14(1/2):19–28.

[28] TAN Q,XIE S,ZHU X,et al.Effect of dietary carbohydrate-to-lipid ratios on growth and feed utilization in Chinese longsnout catfish (*Leiocassis longirostris* Günther)[J].Journal of Applied Ichthyology,2007,23(5):605–610.

[29] 胡毅,谭北平,麦康森,等.不同碳水化合物水平饲料对凡纳滨对虾生长及部分生理生化指标的影响[J].水生生物学报,2009,33(2):289–295.

[30] 许明珠,张琴,童万平,等.饲料糖水平对方格星虫稚虫生长、体组成和消化酶活性的影响[J].动物营养学报,2013,25(3):534–542.

[31] 王爱民,吕富,杨文平,等.饲料脂肪水平对异育银鲫生长性能、体脂沉积、肌肉成分及消

化酶活性的影响[J].动物营养学报,2010,22(3):625–633.

[32] 张琴,童万平,董兰芳,等.饲料中脂肪水平对方格星虫稚虫生长性能、体组成及消化酶活性的影响[J].渔业科学进展,2011,32(6):99–106.

[33] 曾本和,廖增艳,吴双,等.饲料脂肪水平对大鳞副泥鳅幼鱼生长性能、消化酶活性及抗氧化能力的影响[J].动物营养学报,2016,28(4):1105–1113.

[34] MOHANTA K N,MOHANTY S N,JENA J K,et al.Optimal dietary lipid level of silver barb,*Puntius gonionotus* fingerlings in relation to growth,nutrient retention and digestibility,muscle nucleic acid content and digestive enzyme activity[J].Aquaculture Nutrition,2008,14(4):350–359.

Effects of Dietary Carbohydrate to Lipid Ratio on Growth Performance, Body Composition and Digestive Enzyme Activities of Juvenile Crab *Scylla paramamosain*

DONG Lanfang ZHANG Qin* XU Mingzhu SU Qiong NIE Zhenping XIE Da YANG Jialin TONG Tong

(*Key Laboratory of Marine Biotechnology of Guangxi, Guangxi Institute of Oceanology, Beihai* 536000, *China*)

Abstract: A 3-week feeding trial was conducted to investigate the effects of dietary carbohydrate to lipid (CHO:L) ratio on growth performance, body composition and digestive enzyme activities of juvenile crab *Scylla paramamosain*. Five iso-nitrogenous (about 44%) and iso-energetic (about 19.5 MJ/kg) diets with varying CHO:L ratios of 0.54, 0.88, 1.39, 2.08 and 3.50 were fed to juvenile crab *Scylla paramamosain* with an average body weight of (41.4±0.3) mg of triplicate groups. The results showed as follows: 1) dietary CHO:L ratio significant affected the final average body weight, survival rate, weight growth rate and specific growth rate of juvenile crabs *Scylla paramamosain* (P<0.05), and the final average body weight, survival rate, weight growth rate and specific growth rate of juvenile crabs were increased firstly and then decreased with dietary CHO:L ratio increased, those of CHO:L ratio at 1.39 group was the highest, which significantly higher than those of CHO:L ratios at 0.54 and 3.50 groups (P<0.05). 2) Dietary CHO:L ratio had no significantly influence on moisture, crude protein and crude ash contents of juvenile crabs *Scylla paramamosain* (P>0.05), but significantly affected the crude lipid content (P<0.05). The crude lipid content of CHO:L ratio at 0.54 group was the highest, which significantly higher than that of CHO:L ratios at 2.08 and 3.50 groups (P<0.05). 3） Dietary CHO:L ratio had no significantly influence on the amylase activity of juvenile crabs *Scylla paramamosain* (P>0.05), but significantly affected the protease and lipase activities (P<0.05). The protease activity was increased firstly and then decreased with dietary CHO:L ratio increased, while the lipases activity was decreased with dietary CHO:L ratio increased. The protease activity of CHO:L ratio at 1.39 group was significantly higher than that of other groups (P<0.05), the lipases activity of CHO:L ratios at 0.54 and 0.88 groups was significantly higher than that of CHO:L ratios at 2.08 and 3.50 groups (P<0.05). In conclusion, the regression model analysis show that the suitable dietary CHO:L ratio to reach the highest weight growth rate is 2.07.

Key words: juvenile crabs *Scylla paramamosain*; carbohydrate to lipid ratio; growth; body

composition; digestive enzyme activities

---

*Corresponding author, associate professor, E-mail: zhangqin821220@163.com （责任编辑武海龙）